

EVOLUTION DES MILIEUX SAHÉLIENS ET SOUDANIENS

Lionel GUYOT - Monique MAINGUET
Yveline PONCET

IGN France International - LGPZ-Université de Reims
ORSTOM

I. INTRODUCTION (Fig. 1)

Cette étude a fait l'objet d'un volumineux rapport et a permis de produire 15 cartes monochromes reproductibles pour les 3 zones étudiées.

L'idée de départ était de mettre à profit l'existence de photographies aériennes des années cinquante pour comparer l'occupation du sol avec l'état actuel. Nous avons exécuté une mission de prise de vues aériennes sur l'axe du premier transect choisi, en nous rapprochant autant que possible, des conditions de prise de vue des photographies aériennes des années 1950. Ce sont ces deux séries de photographies aériennes qui ont été utilisées pour effectuer une photo-interprétation comparée de grande finesse.

Les images d'un satellite de haute définition spatiale comme SPOT ont été d'un apport considérable dans cette étude car elles ont permis de reporter directement sur ces images préalablement mises en projection (superposables à la carte), les résultats de l'interprétation des photographies aériennes. En effet, le report n'aurait pas été possible directement sur la carte à l'échelle de 1:200 000 datant des années cinquante où l'on manque trop de points de repère.

La nécessité d'obtenir des résultats quantitatifs pour cette étude, même lorsque nous travaillions sur des documents analogiques, nous a amenés à proposer une rédaction numérique (cartographie assistée par ordinateur) des maquettes d'interprétation préalablement mises en projection.

Comme prévu dans le projet, nous avons fait une mission de terrain pour étalonner l'interprétation des photographies aériennes. L'image de la page suivante montre la zone étudiée dans ce premier transect.

II. CONTENU DU TRAVAIL EFFECTUE

1) Climat (Fig. 2)

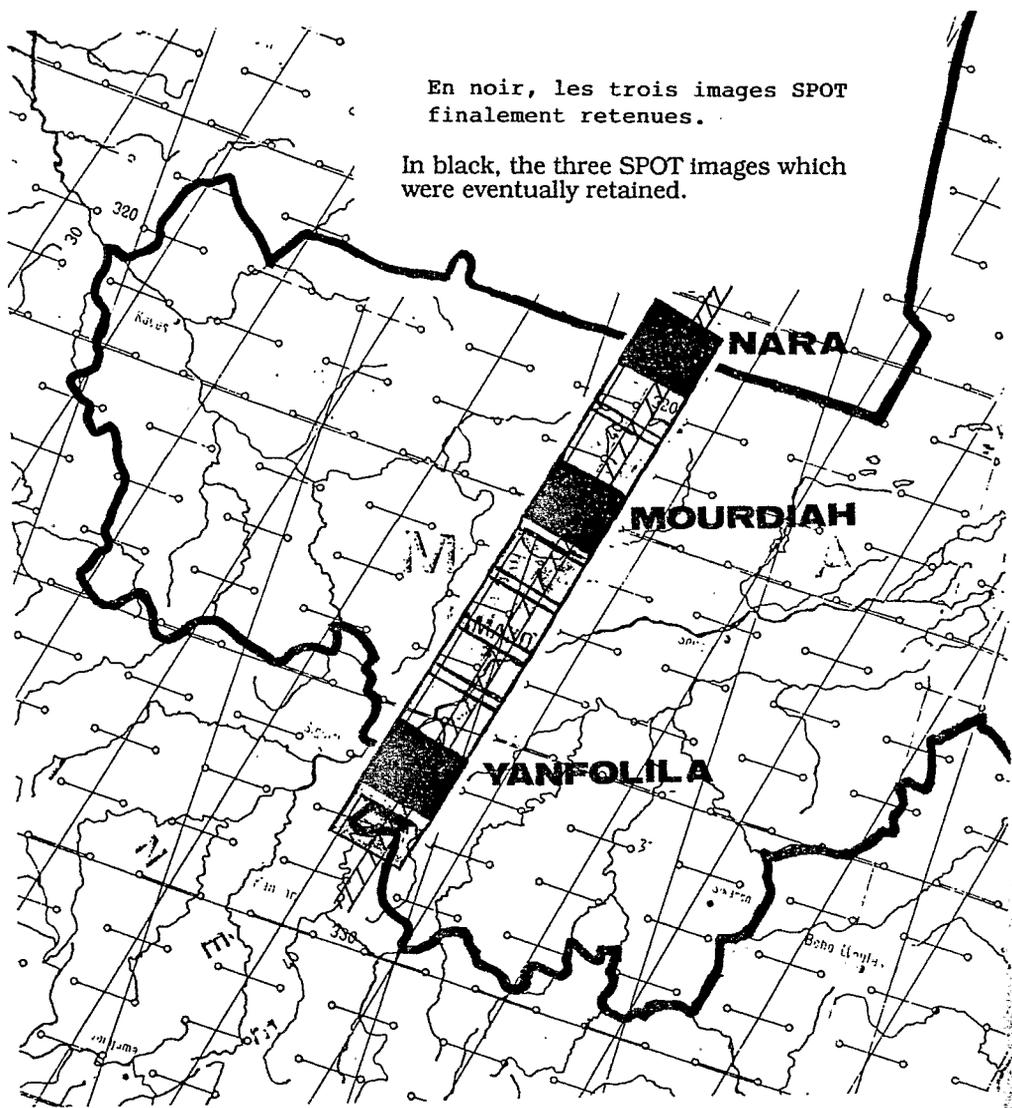
Si l'on reporte la position des isohyètes à trois périodes différentes :

- Une période, longue de presque 60 ans, de 1922 à 1980, qui, bien évidemment, intègre les épisodes de pluviométrie excédentaire ou déficitaire!

- Une période de 10 années correspondant à un épisode plus humide, de 1951 à 1960, qui se traduit par une "remontée" de l'isohyète vers le Nord.

En noir, les trois images SPOT
finalement retenues.

In black, the three SPOT images which
were eventually retained.

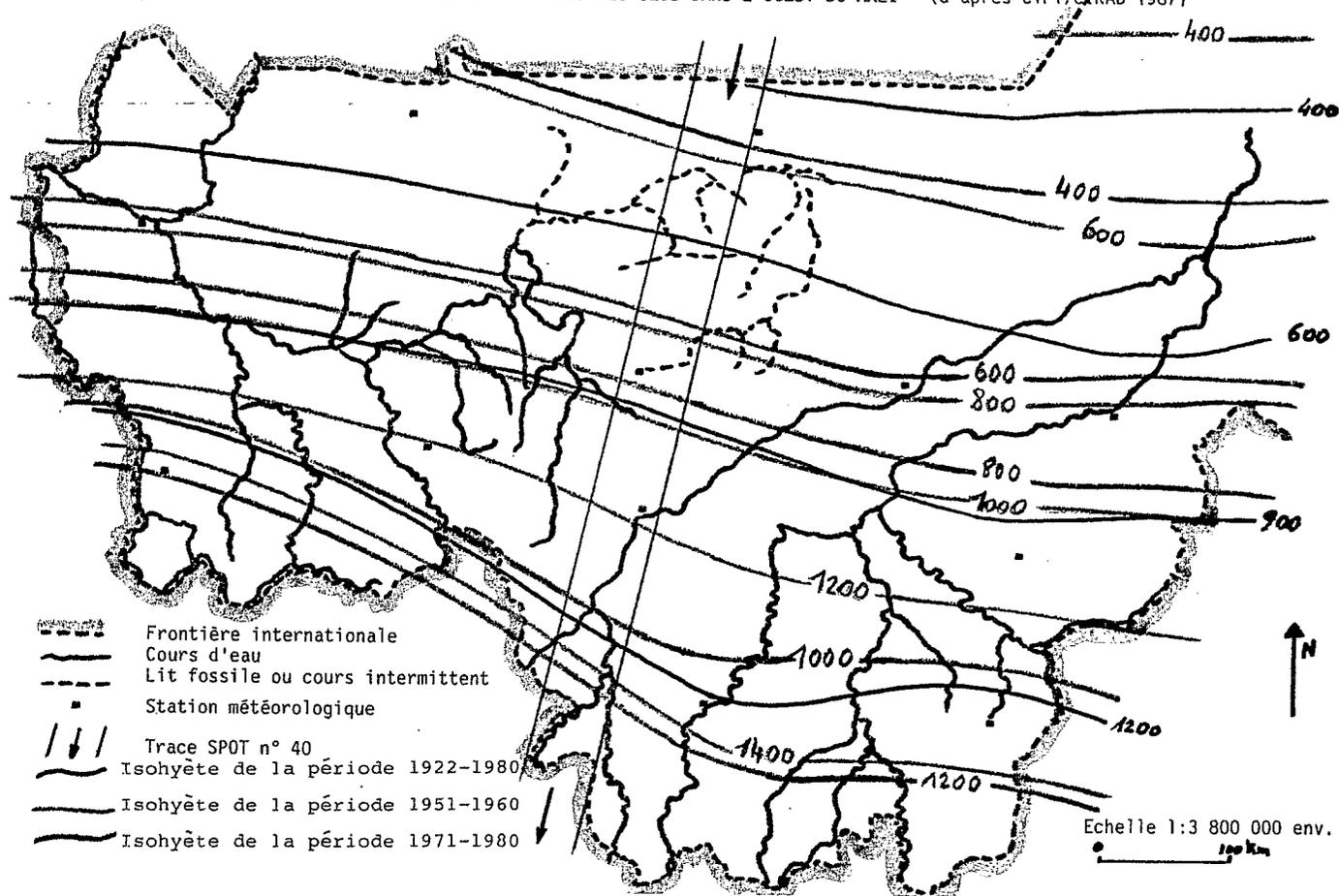


(Fig. 1)



Zone où les photographies aériennes de 1987 ont été acquises

(Fig. 2) LA "DESCENTE" DES ISOHYETES LORS D'EPISODES SECS DANS L'OUEST DU MALI (d'après CTFT/CIRAD 1987)



- Une période de 10 années également, correspondant elle, à un épisode plus sec qui se traduit par une "descente" des isohyètes vers le Sud, de 1971 à 1980.

L'amplitude du balancement est de l'ordre de 100 kilomètres comme le fait apparaître le tableau ci-dessous :

Isohyète concernée	Amplitude du balancement		
	à l'Ouest*	au Centre*	à l'Est*
600 mm	135 km	120 km	100 km
800 mm	40 km	40 km	60 km
1000 mm	90 km	160 km	120 km
1200 mm	75 km	150 km	140 km
* par rapport à la zone d'étude qui s'arrête à la longitude de MOPTI.			

Il faut garder présent à l'esprit que ces isohyètes sont des courbes établies par interpolation à partir d'un réseau de mesure assez lâche, cependant des études récentes utilisant les images de satellite NOAA sur la zone soudano-sahélienne ont permis de corroborer le tracé d'isohyètes obtenu dans des conditions comparables.

La lecture du tableau montre :

- l'isohyète 800 mm a eu la plus petite amplitude de balancement entre l'épisode humide et l'épisode sec. La scène SPOT 40-322 de MOURDIAH est justement concernée par cette isohyète.

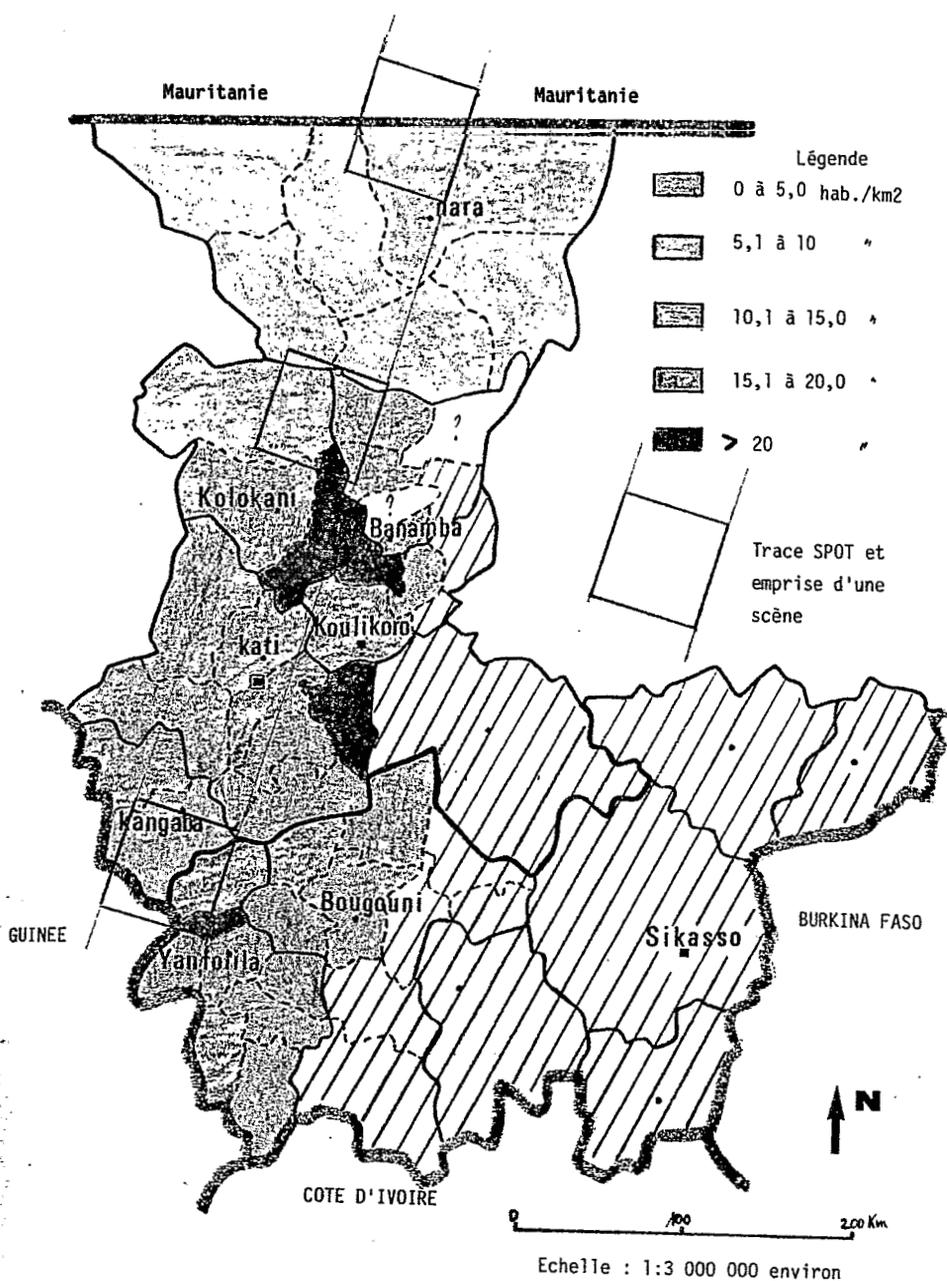
- Pour les autres isohyètes, le balancement est de l'ordre de 100 km ; davantage à l'Est qu'à l'Ouest pour les isohyètes 1000 mm et 1200 mm et, au contraire, davantage à l'Ouest qu'à l'Est pour l'isohyète 600 mm.

2) Les hommes et leur bétail (Fig. 3)

Parallèlement, une étude des peuplements humains et des cheptels a été menée. Les résultats sont très classiques : en période sèche, les populations du Nord se concentrent avec une partie (survivante) de leur bétail dans la région de l'isohyète 800 mm où le climat est plus stable mais qui est déjà très peuplée.

3) Méthode employée

A chacune des deux dates de cette étude diachronique (état dans les années 50 et état en novembre 1987), on a rédigé deux maquettes d'interprétation (l'une comportant l'information zonale, l'autre, les éléments linéaires).



(Fig. 3) DENSITE DE POPULATION PAR ARRONDISSEMENT

Il y a donc 4 cartes en tout, concernant ce chapitre, pour chacune des 3 scènes SPOT du premier transect, objet de ce rapport.

Ces documents contiennent toute l'information interprétée sur les photographies aériennes couvrant une bande de 10 kilomètres environ de largeur qui traverse les 3 scènes SPOT du transect.

Pour plus de commodité, on désignera les scènes SPOT par le nom de la localité la plus importante qui en est proche. Ainsi, du Nord au Sud, les scènes 40-319, 40-322 et 40-327 seront désignées par scène de NARA, scène de MOURDIAH et scène de YANFOLILA.

La rédaction cartographique (mise en forme définitive) est faite à l'échelle de 1:100 000 sur calque stable (indéformable), superposable au tirage photographique sur papier de la scène SPOT, en composition colorée fausses couleurs.

Pour ce faire, les maquettes sont préparées par le thématicien pour faire apparaître, sur un calque indéformable, les limites des thèmes uniquement. C'est la planche qui sera utilisée pour le scannage et la constitution du fichier des limites en cartographie assistée par ordinateur. En outre, une maquette coloriée à la main, faisant apparaître, clairement différenciés, les divers thèmes de la légende, est destinée au codage à la console interactive des attributs des zones définies par les limites précédemment scannées.

Pour les informations linéaires, on procède de la même façon : calque de scannage des éléments linéaires, dessin de la signification thématique (limite administrative, piste de bétail, etc.) pour permettre le codage.

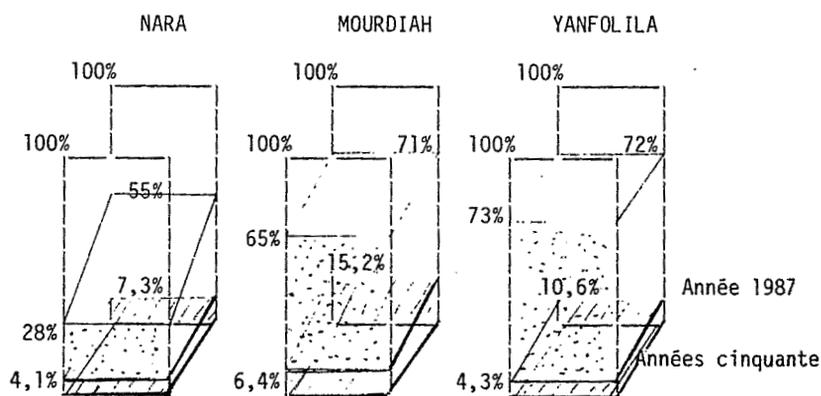
La constitution de fichiers numériques des informations ainsi cartographiées ouvre des possibilités de croisements ultérieurs des divers fichiers obtenus.

III. PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS

Nous les résumons dans le tableau suivant qui montre clairement :

- Une extension considérable des cultures de l'année entre les années 50 et 1987. La superficie occupée a doublé.
- Une extension comparable du terroir agricole dans le Nord seulement, à NARA alors qu'à MOURDIAH et à YANFOLILA les superficies sont restées quasiment stables.
- Un temps de retour des cultures resté stable au Nord mais, conséquence des deux points ci-dessus, raccourci de moitié à MOURDIAH et à YANFOLILA :

	NARA		MOURDIAH		YANFOLILA	
	ha	100%	ha	100%	ha	100%
Superficie de la zone interprétée	60 241		69 622		67 888	
Cultures de l'année 1950 C1	1956 2 495	4,1%	1952 4 491	6,4	1952/53 2 930	4,3%
Cultures de l'année 1987 C2	1987 4 406	7,3%	1987 10 601	15,2%	1987 7 202	10,6%
Terroir agricole incluant les cultures de l'année 1950 T1	1956 16 300	28%	1952 45 300	65%	1952/53 49 430	73%
Terroir agricole incluant les cultures de l'année 1987 T2	1987 33 600	55%	1987 49 500	71%	1987 48 800	72%
Proportion de cultures de l'année par rapport au terroir agricole	C1 / T1	15,3%	C1 / T1	9,9%	C1 / T1	5,9%
	C2 / T2	13,9%	C2 / T2	21,2%	C2 / T2	14,6%



La figure ci-dessus schématise pour les trois dernières décennies entre 1950 et 1987 :

- 1) l'ensemble du terroir agricole,
- 2) les cultures de l'année.

Elle révèle une double évolution : dans l'espace depuis les latitudes de NARA jusqu'à celles de YANFOLILA, et dans le temps.

L'évolution du terroir agricole (Fig. 4-5-6)

Dans les années 50, on voit très bien en allant vers le Sud l'augmentation de la superficie du terroir agricole par rapport à la superficie totale : 28% pour la région de NARA, 65% pour la région de MOURDIAH et 73% pour la région de YANFOLILA.

L'influence de la latitude se fait bien sentir : d'une part, les sols sont plus favorables aux cultures et d'autre part, la pluviométrie plus abondante permet d'être moins restrictif sur les propriétés édaphiques.

En 1987, la situation a changé, l'ensemble du terroir agricole de la région de NARA a doublé par rapport aux années 50 puisqu'il occupe 55%, alors que celui de la région de MOURDIAH s'est à peine accru puisqu'il atteint 71% en 1987, contre 65% en 1950, et que celui de la région de YANFOLILA n'a pas varié de façon significative puisqu'il atteint 72% en 1987, au lieu de 73% dans les années 50. Par ailleurs, on observe que l'influence latitudinale s'est estompée. Il n'y a plus d'augmentation de l'ensemble du terroir agricole au Sud de l'isohyète 800 mm (au Sud de la scène de MOURDIAH). Probablement, il y avait saturation, déjà dans les années 1950, tout ce qu'il était possible de cultiver avait été mis en culture une année ou une autre.

L'évolution des cultures de l'année :

En ce qui les concerne, il est frappant de constater que c'est encore la région de MOURDIAH qui possède, dès 1950, le plus grand pourcentage de champs cultivés dans l'année : 6,4% de l'espace total tandis que la région de NARA n'a que 4,1% et YANFOLILA 4,3% de l'espace total.

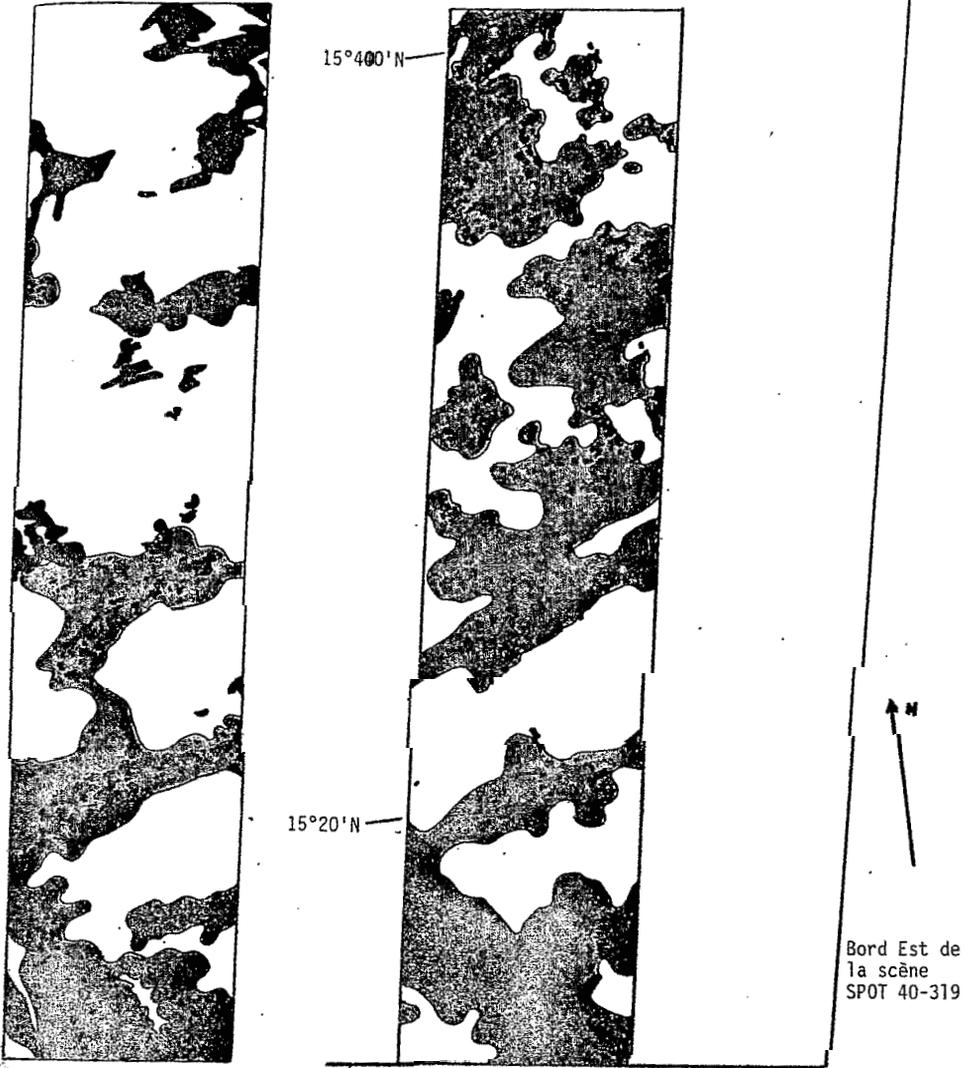
Cette donnée est confirmée et même accentuée en 1987 pour la région de MOURDIAH : 15,2% de la superficie totale a été cultivée dans l'année alors que l'on n'atteint que 7,3% dans la région de NARA et 10,6% dans la région de YANFOLILA.

Conclusion

Ce sont donc les latitudes de la région de MOURDIAH qui sont les plus fortement exploitées par l'homme et ce sont aussi ces latitudes où le raccourcissement de la jachère est maximum.

Interprétation de
l'état en 1956

Interprétation de
l'état en 1987



Légende

-  Terrain agricole dont cultures de l'année
-  Cultures de l'année
-  Feux de brousse de l'année

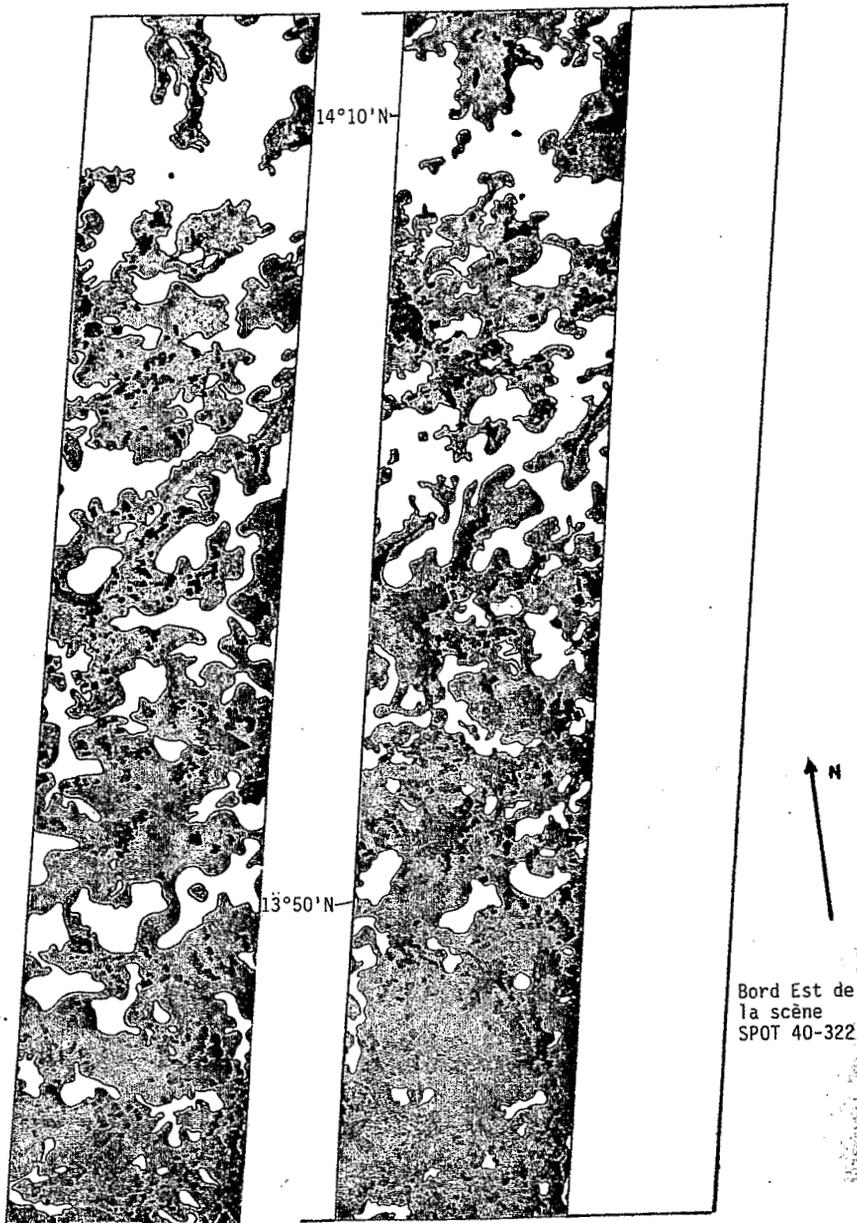
Echelle 1:250 00



(Fig. 5)

Interprétation de l'état
en 1952

Interprétation de l'état
en 1987



Légende

-  Terroir agricole dont cultures de l'année
-  Cultures de l'année
-  Feux de brousse de l'année

Bord Sud de la
scène SPOT 40-322

0 10 Km
Echelle 1:250 000

(Fig. 6) '

91 YANFOLILA

Bord Nord
de la
scène SPOT
40-327

Bord Est de la scène
SPOT 40-327

Interpré-
tation de
l'état en
1987

N
←
11°40'N

Interpré-
tation de
l'état en
1952-1953

Légende

-  Terroir agricole dont cultures de l'année (couleur légèrement différent en 87)
-  Cultures de l'année (cultures en sec seulement)
-  Feux de brousse de l'année

0 10 km
Echelle 1:250 000

Aux latitudes les plus septentrionales du transect, dans les régions les moins arrosées (isohyète 400 mm), c'est l'augmentation de la superficie du terroir agricole qui a répondu à l'explosion démographique. Aux latitudes de l'isohyète 800 mm, le terroir agricole occupait déjà presque tout l'espace cultivable dans les années cinquante et n'a pas pu s'étendre considérablement ; c'est le temps de rotation des cultures dans cet espace limité qui s'est réduit, confirmant ainsi que l'essentiel de la pression de l'homme sur le milieu s'exerce dans la partie Sud. A YANFOLILA, cependant, le temps de rotation des cultures -bien qu'il ait été considérablement raccourci sur la période- reste plus long qu'à MOURDIAH.

La mise en parallèle des données physiques et des données humaines aboutit à la conclusion fondamentale et nouvelle -car observée objectivement- que ce sont les écosystèmes entre 650 et 800 mm de précipitation moyenne qui sont les domaines les plus affectés par la dégradation de l'environnement ; c'est aussi dans ces domaines que, venant du Nord, on trouve les premières valeurs de densité de population supérieures à 10 habitants par kilomètre carré et même, localement, supérieure à 20 habitants par kilomètre carré.

De plus, la cartographie assistée par ordinateur nous a permis de savoir, pour chaque élément de l'image de 1950, son devenir en 1987.

On trouvera sur la page suivante l'exemple de la zone de MOURDIAH.



IV EXTRAPOLATION

Comment passer de la connaissance précise sur une largeur de 10 kms que l'on obtient à l'aide des photographies aériennes à une connaissance couvrant toute la scène SPOT d'une largeur de 60 kms.

- Méthode numérique : des classifications numériques supervisées ont été tentées sur des thèmes simples :

soils nus
cultures de l'année
autres.

Le résultat est en cours d'analyse et fera l'objet d'expérimentation au Centre de Recherches interne de l'I.G.N.

- Méthode par interprétation visuelle des images de satellite en s'aidant de la vérité terrain.

Les résultats sont les suivants :

Périmètre	Superficie totale	<u>Cultures de l'année</u>		<u>Sols nus</u>		<u>Terroir agricole</u>	
		Photos aériennes	Interprétation visuelle SPOT	Photos aériennes	Interprétation visuelle SPOT	Photos aériennes	Interprétation visuelle SPOT
NARA	60 241 ha	4 406 ha 7,31 %	4 856 ha 8,06 %	519 ha 0,86 %	143 ha 0,24 %	33 600 ha 55,8 %	34 636 ha 57,5 %
MOURDIAH	69 622 ha	10 601 ha 15,23 %	6 700 ha 9,62 %	5 008 ha 7,19 %	2 083 ha 3,46 %	49 500 ha 71,1 %	49 856 ha 71,6 %
YANFOLILA	67 888 ha	7 202 ha 10,61 %	7 489 ha 11,03 %	280 ha 0,41 %	76 ha 0,11 %	48 800 ha 71,9 %	48 241 ha 71,1 %

En premières constatations les chiffres sont en assez bonne concordance pour les zones de NARA et de YANFOLILA mais à MOURDIAH (zone sensible sur l'isohyète 800 mm, où la rotation des cultures est très rapide) l'interprétation de l'image SPOT semble conduire à une sous-estimation des superficies cultivées dans l'année.

Conclusion

Il semble que pour des thèmes aussi simples que "cultures de l'année" et "sols nus", l'interprétation numérique dans un milieu sahélo-soudanien très complexe demande encore une période de recherche.

L'interprétation visuelle, pourvu que l'on connaisse la réalité du terrain, fournit des résultats variables : très bons comparativement à l'analyse des photographies aériennes pour certains thèmes ("terroir agricole") et localement moins bons quand la discrimination repose sur des détails de microrelief qui ne sont pas visibles sur l'image de satellite ("cultures de l'année" et "sols nus").

Ce sera au terme de l'analyse des phénomènes sur les 4 ou 5 prochains transects d'études retenus par les Organismes Internationaux et l'Observatoire du Sahara et du Sahel que les critères de généralisation des phénomènes constatés ponctuellement pourront être pris en compte et susceptibles d'être intégrés dans un système général.